雪や氷を活用した熱と温度の実験の工夫

永田敏夫，中村隆信

1　はじめに

冬の長い北海道では「防雪・除雪」という用語に代表されるように，雪や氷は排除すべき存在と考えられてきた。しかし，大自然は逃れようがない。むしろ，積極的に雪や氷を取り込み，「親雪・利雪」という楽しく親しみのある存在として考えるような発想の転換が求められている[1]。

「熱と温度」の学習では，「加熱して温度を上昇させる」ことを基にしている[2]。しかし，見方を変えて，「冷却して温度を下降させ」たり，「周囲の熱によって氷を融解させる」ことなどによっても目標を達成することは可能である。

北海道の特性を生かした雪や氷を用いた実験を行い，より効果的に学習を進め，児童・生徒の興味や関心を喚起し，意欲を高めていくことができるのではないかと考え，工夫を試みた。

2　雪を使った冷却

(1)　温度の測定法

温度はサーミスタを使った温度センサーの抵抗値の変化を電圧信号として取り出し，増幅し
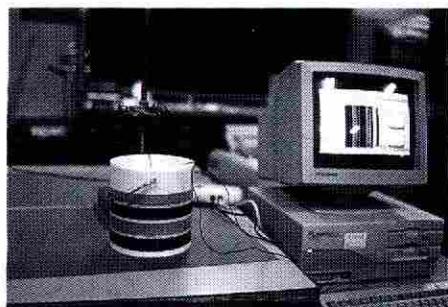
図1　温度測定装置の概要

たものをAD変換し，RS232C端子からパソコンに取り込んで記録した（図1）。センサー，プリアンプ，ADコンバータ，ソフトはパソコン計測用の市販品を使用した[3]。

(2)　雪と水を混合した簡易冷熱源

冷熱源として雪をどのような形で使うのがよいか，室内(約22℃)で雪の温度変化を測定し，調べたところ，①採取した雪をそのまま水槽にいれ表面を軽くならしたり，②雪を水槽に入れ，多量の水を加えて雪と水の混合液を作るより，③雪を水槽に入れ，水を入れて十分にぬらしたあと，表面を平らにし，余分の水を水槽を傾けて流すと（水，雪，空気の共存状態を作り），より安定した冷熱源として，雪が利用できることがわかった[4]。

(3)　水の冷却

中学校の指導の中で要求される熱源は，単位時間当たりの発熱量が一定でのものである。水の温度上昇が加熱時間に比例する状況が必要である[5]。このため,熱源には,物質供給量を一定にした化学変化(燃焼)や電力を一定にしたジュール熱を一般に利用している。これに雪の融解熱を利用できないかと考えた[6]。
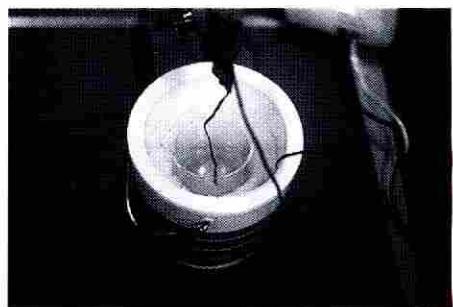
図2　水の冷却方法

そこで,50ｇから200ｇの水をビーカーに入れ，雪との接触状態を工夫して（図2）冷却してみたところ，水の量が少ないほど温度変化が速い

ことも確かめられた(図3)。
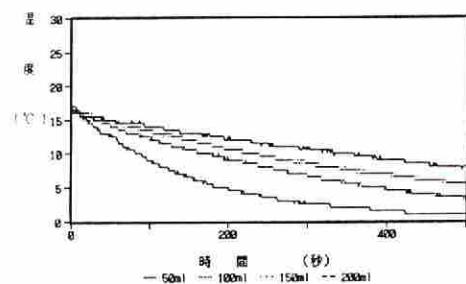
図3　ビーカーに入れた水の冷却

この温度変化をホットプレートの上で加熱した場合(図4)と比較すると，正負が逆で，側面の雪との接触状態によって温度変化にゆらぎが生じ，注意が必要だが[7]，同じ傾向が得られることが確かめられた。ホットプレートに比べて温度変化が小さいのは，熱源との温度差が小さいために熱流量が小さいためと考えられる。
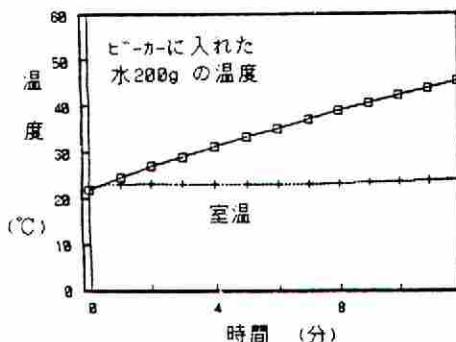
図4　ホットプレートで加熱した水の温度変化

断熱材の上に温水や冷水を放置し，空気中に出入りする1分当たりの熱量を温度変化のグラフ(図5)の接線の傾きから求めると熱源と水の温度差はなるべく大きく，水の温度はなるべく変化させないことが必要なことが分かる[8]。生徒実験で5分程度に測定時間を限定すれば，雪も活用できる。
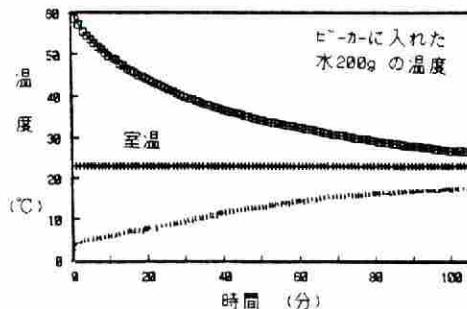
図5　室内に放置した水の温度変化

3　氷の融解

(1)　氷熱量計

ラボアジェやラプラスが溶けた氷の質量によって熱量を求めた氷熱量計が科学史で知られている。熱を質量によって測定する，当時としては画期的な方法である[9](図6)。しかし，水と氷を分離することは，なかなか難しい。そこで，ブンゼンは，氷の融解による体積変化を利用して熱量を求める方法を完成した[10](図7)。

図6　ラボアジェ・ラプラスの氷熱量計
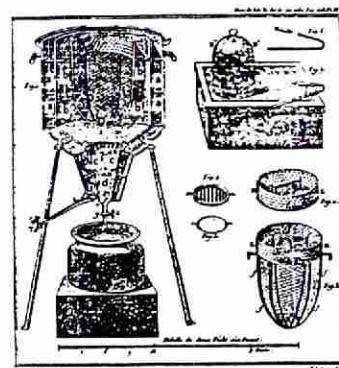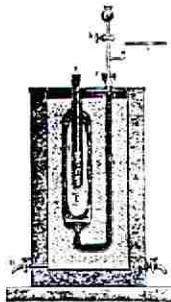
図７　ﾌﾞﾝｾﾞﾝの氷熱量計

(2) 氷の融解量測定

氷の密度(0℃)が 0.917g/cm³,水の密度(0℃)が 0.999g/cm³ なので,氷１gが水になると1.09－1.00＝0.09cm³ 体積が減少する。0℃の氷の融解熱は，79.7cal/gだから，0.01cm³体積が減ると，8.85calの熱が流れ込んだことになる[11]。そこで，氷が融けた質量を間接的に測定する装置を組み立てた。丸底フラスコに氷をシャーベット状にして詰めたものに冷水(0℃)を加え，ガラス管を通したゴム栓をする。電子上皿天びんに水を入れたビーカーを載せる。フラスコから出ているガラス管をビーカーの水に差込み，氷の融解によって減少した体積に相当する水を吸い込ませる(図８）。
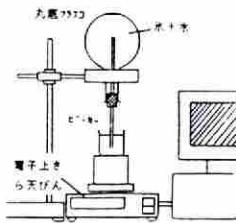
図８　簡易氷融解量測定器

フラスコ(200mℓ,300mℓ,500mℓ)をスタンドで支え，空気中にさらして氷を融解させ，ビーカーから吸い出された水の質量の様子を，天びんのI/O端子からインタフェースを介し,RS232C回線からパソコンに取り込んで[12]調べた(図9)。
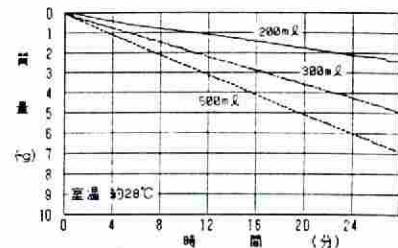
図９　室内に放置したときの融解

30分間にわたってほとんど一定の割合で融解していることが分かる。周囲の空気も,水温も一定に保たれ熱の移動も安定していると考えられる。フラスコのガラスの温度が一定とすると，フラスコの熱容量(質量の違い)は，氷の融解の速さに影響しない。フラスコの大きさによって同じ時間に融解する氷の量が違うのは，容器の表面積の違いによると考えられる。

次に，200mℓの丸底フラスコに氷を約125g，水を160gほど入れて，コの字形に曲げたガラス管をつけてゴム栓をし，アイスペールに入れ，水やサラダ油に接触させる。ガラス管の他端を50mℓのビーカーに入れた水につけ，ガラス管を移動する気泡の様子と減少する水の質量を測定した(図10)。
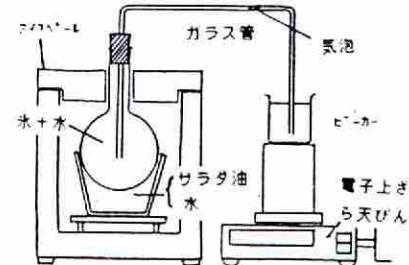
図10　装置の概要

同じ温度の水とサラダ油では，融解する量が違うことが分かる(図11)。
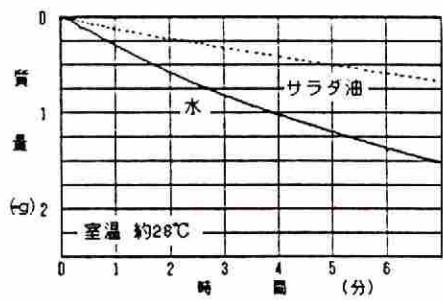
図11　水や油による氷の融解量

融解の様子だけから熱容量を求めるのは難しいが，冷却するのにたくさん熱を奪わなくてはならないのか，少しで済むのか，はっきり分かる。温度ではなく熱を直接測定する形がとれることに意義がある。

⑶　パソコンでの表示画面

今回の実験では，市販のパソコン計測の装置等を利用した。しかし，研究者や上級学校で使うならともかく，数値やグラフばかりの画面ではパソコンの機能を十分生かしているとは考えられない。小学校でも，お絵かきや電子紙芝居以外に活用するとすれば，測定量をリアルタイムで，映像あるいはイラスト表示ができる工夫が必要である。今回の測定の教材化では，電子上ざら天びんの重さの出力をディスプレイに長方形の面積やフラスコの水量として表示した[c)]。

今後このようなパソコン計測の表示画面の工夫を更に開発していただければ幸いである。

4　おわりに

雪は質の高い熱源ではないが，室内に持ち込んで中学校理科第１分野「⑵ 身の回りの物理現象　イ 熱と温度」の実験に活用できることが確かめられた。また，高校物理Ⅱ⑷課題研究「イ 物理学の歴史的実験例の研究」[13)]の素材に氷熱量計を取り扱うことの可能性が確かめられた。

わたしたちは，通常，温度変化を液体の体積膨張や熱起電力の変化や電気抵抗の変化という物理現象の時間変化を利用してとらえている。氷の融解や水蒸気の気化のような状態変化に熱(潜熱，気化熱)が使われて，温度が変化せず，熱を直接考えさせることができる場面は捨て難い。さらに改良するとともに，高校物理ＩＡのように日常生活に見られる物理現象を取り上げる場合にも，雪や氷など北海道の地域性との接点を見つける工夫に努めたい。

参考文献

1）雪を考える会　(1989)：雪と遊ぶ本　ひかり工房
2）文部省　(1989)：中学校指導書理科編　28　学校図書
3）スズキ教育ソフト　CUBE　SENSOR　暫定版マニュアル
4）矢野光宇　(1992)：熱と温度に関する教材の研究 11　北海道立理科教育センター長期研修集録
5）文献２）29
6）沢田正三　(1970)：温度と熱　176　共立出版
7）文献４）12　　　8）文献４）15
9）高田誠二　(1988)：熱をはかる　21　日本規格協会
10）文献８）29
11）国立天文台　(1990)：理科年表　486　丸善
12）島津製作所　島津電子上ざら天びん　LIBO REB-330D　取扱説明書
13）文部省　(1989)：高等学校学習指導要領解説書　理科編　理数編　63　実教出版

使用ｿﾌﾄ
a）LOTUS D801666-05a
b）N88日本語BASIC(86)(V6.1)
c）田中佳典（北海道名寄中学校）　電子上ざら天びん水量表示用ソフト

(な が た　と し お　物理研究員)
(なかむら　たかのぶ　化学研究員)